

## 电力机车概述

### 学习目标

截止至 2020 年 12 月底，我国铁路营业里程将达 13.9 万 km 以上，其中高铁将超过 3.5 万 km，运营里程高居世界第一。中国的电力机车等轨道装备，其设计和制造水平不断攀升，已经开始领跑世界。本章我们学习电力机车的发展、组成、特点及相关技术参数。应达到以下学习目标：

- (1) 了解电力机车的发展历史和趋势及优越性；
- (2) 掌握电力机车的组成及各部分的作用；
- (3) 了解电力机车机械部分相关技术参数；
- (4) 掌握轴列式的含义。

### 一、电力机车在现代轨道交通运输中的重要地位

电力机车是一种通过外部接触网或轨道供给电能，由牵引电动机驱动的现代化牵引动力设备。它无论在现代铁路运输还是在城市轨道交通中都具有不可替代的重要地位。电力机车与其他牵引动力装置相比具有不可比拟的优势：

(1) 功率大，速度快。机车的功率大小决定了它的牵引力和运行速度。蒸汽机车和内燃机车由于受结构的限制，功率受到影响，而电力机车的功率相对较大，加之电网容量超过普通机车功率好多倍，从而使现代电力机车向重载、高速方向发展成为现实。

(2) 热效率高, 成本低。电力机车的平均热效率为 26%, 远高于蒸汽机车, 也高于内燃机车, 同时无非生产性消耗。运输成本低, 经济效益好。

(3) 综合利用资源, 降低能源消耗。我国有丰富的水力资源可供发电。另外, 太阳能、风能、核能的逐步应用, 可以做到资源综合利用, 节约大量的优质燃料。

(4) 清洁无污染。电力机车的动力来自电能, 无任何有害排放物和污染, 作为铁路运输和城市轨道交通的主要动力是十分理想的绿色交通工具。

(5) 维修便利, 成本低。电力机车上主要是一些电器设备, 因此具有保养容易, 维修量小, 定修周期短等特点。

(6) 工作条件舒适。电力机车乘务员的工作条件比蒸汽机车在劳动强度、工作环境、噪声、采光、振动等方面都有很大的改善, 也优于内燃机车。

(7) 适应能力强。电力机车不同于蒸汽机车和内燃机车, 运行中没有水消耗, 不影响其在无水区和缺水运行。

## 二、 电力机车机械部分组成和各部分的功能

电力机车由电气部分, 机械部分和空气管路系统 3 大部分组成。

电气部分包括牵引电动机、牵引变压器、整流硅机组、各类电器等。通过它们把来自接触网的电能转变为机械能, 同时实现对机车的控制。

机械部分包括车体、转向架、车体与转向架的连接装置和牵引缓冲装置。

空气管路系统包括风源系统、制动机管路系统、控制管路系统和辅助管路系统。

下面简要叙述机械部分各部分的功能:

### 1. 车 体

车体是电力机车上部车厢部分, 由车厢体和底架组成。就其功能可分为:

(1) 司机室: 乘务人员操纵机车的工作场所。现代干线运输电力机车设置两端司机室, 可以双向行使, 不必掉头。

(2) 机器间: 用于安装各种电气和机械设备。一般分为若干个室, 各类设备根据不同用途分室安装。

### 2. 转向架

转向架即机车走行部分, 它是机械部分最重要的组成部分, 主要包括:

(1) 构架: 转向架的基础受力体, 也是各种部件的安装基础。

(2) 轮对: 机车在线路上的行驶部件, 由车轴, 车轮及传动大齿轮组成。

(3) 轴箱: 用于固定轴距, 保持轮对正确位置, 安装轴承等。

(4) 弹簧悬挂装置: 也称一系弹簧, 用于缓冲轴箱以上部件的振动, 以减轻运行中的动作用力。

(5) 齿轮传动装置：通过降低转速，增大转矩，将牵引电动机的功率传给轮对。

(6) 牵引电动机：将电能变成机械能转矩，传给轮对。

(7) 基础制动装置：机车制动机产生制动力的部分，主要由制动缸、传动装置、闸瓦装置等组成。

### 3. 车体与转向架的连接装置

车体与转向架的连接装置也称二系弹簧悬挂，设置在车体和转向架之间。它是转向架和车体之间的连接装置，又是活动关节，同时具有传递各个方向的力以及减振的作用。

### 4. 牵引缓冲装置

牵引缓冲装置包含车钩等装置，它是机车与列车的连接装置，为了缓和连挂和运行中的冲击，还设置了缓冲器。

## 三、轴列式

走行部是指位于机车或车辆下部起引导机车车辆沿轨道运行作用的部位。一台机车或车辆一般有 2 个或 3 个转向架，走行部其实是指某台车所有的转向架，如图 1.1 所示。



扫码观看  
轴列式视频

图 1.1 走行部

不同的机车或车辆走行部可能会有比较大的差异，如有的机车走行部包括 2 个转向架，有的机车走行部包括 3 个转向架，而转向架和转向架又是不同的，有的转向架是由 2 个轮对组成的，我们称为 2 轴转向架，有的转向架是由 3 个轮对组成的，我们称为 3 轴转向架。所以对于一台机车来说，它的走行部有可能是两个 2 轴转向

架，总共 4 根轴；也可能是两个 3 轴转向架或者 3 个 2 轴转向架，总共 6 根轴；还有一些机车是属于内重联的情况，也就是双节或者三节机车按一台机车编号，那样的车就有可能还有 8 轴的或者 12 轴。

轴列式就是以一种简洁明了的形式介绍各种走行部结构的表达方式。所谓轴列式，就是用数字或字母表示机车走行部结构特点的一种简单方法。我国原来采用数字表示，现在规定转向架式机车用字母表示。国外有用数字表示的，也有用字母表示的。

### 1. 机车的轴列式

轴列式的具体表示法为：以英文字母表示动轴数，如 A 即 1，B 即 2，C 即 3，D 即 4 等；动轴就是能提供动力的轴，也就是有电机驱动的轴，因为动力是靠电能转化成机械能的。如果一个转向架上的每一个轴都自带一个牵引电机单独驱动，那这个转向架就称为单独驱动转向架，如果一个转向架上几个轴是由同一台电机成组驱动的，那这个转向架就称为组合驱动转向架。我们在轴列式表示法中通过给英文字母加下标“0”来区分单独驱动和组合驱动，即有注脚“0”表示每一动轴为单独驱动，无注脚表示动轴为成组驱动。事实上，我国的电力机车都是采用单独驱动的，所以轴列式中基本都有注脚 0。

例如，一个转向架有 3 根轴，每个轴上都有一个牵引电机，所以是单独驱动，按照刚才讲的轴列式的表示法可以写为  $C_0$ ，这个转向架它所属的这台电力机车总共有两个这样的转向架，那这台电力机车的走行部结构形式就可以表示为“ $C_0 - C_0$ ”，字母中间的“-”表示同一台车的转向架之间并没有直接的机械连接，这台机车就是两个转向架 6 根轴（2 架 6 轴）。同理，2 个 2 轴转向架（2 架 4 轴）轴列式应该为  $B_0 - B_0$ 。

中国出口乌兹别克斯坦的电力机车有 3 个转向架，每个转向架 2 根轴，它的轴列式应该写为  $B_0 - B_0 - B_0$ （3 架 6 轴）。

如果出现两节或 3 节机车连挂在一起，按一台机车编号的这种内重联的情况，轴列式该怎么表示呢？如 HXD<sub>1</sub> 型电力机车，就是由 A 节车 + B 节车内重联在一起的，A 节车和 B 节车的走行部完全一样，都是 2 个 2 轴转向架，可以写为  $B_0 - B_0$ ，两节车内重联在一起表示为  $2(B_0 - B_0)$ 。

### 2. 动车组的轴列式

动车组列车中带动力的车称为动车，不带动力的车称为拖车，有电机驱动的轴称为动轴，没有电机驱动的轴称为拖轴。轴列式表示规则为：以英文字母表示动轴数，如 A 即 1，B 即 2，C 即 3；以数字表示拖轴数，如 1 即 1 根拖轴，2 即 2 根拖轴。

例如复兴号动车组，CR400AF，动车和拖车都是两个 2 轴转向架，但动车转向架的轴是动轴，拖车转向架的轴是拖轴，所以其动车的轴列式用字母表示： $B - B$ ，拖车的轴列式用数字表示： $2 - 2$ 。

再如长客产的 CRH5A 型动车组，动车和拖车都是 2 架 2 轴，但是他的动车上

只有 1 个牵引电机只驱动 1 个轴，所以动车的 2 根轴 1 根是动轴 1 根是拖轴，轴列式表示为：1A-A1，A 表示动轴，1 表示拖轴。拖车的轴列式依然是 2-2。

神华号电力机车，整车功率 14 400 kW，是世界上功率最大的电力机车。该车有 12 根轴，由 3 节机车内重联而成，所以被网友亲切地称为“三节棍”机车，它的轴列式表示为：3(B<sub>0</sub>-B<sub>0</sub>)。

## 四、机械部分的主要技术参数

表 1.1 中列出了 5 种国产电力机车机械部分的主要技术参数。

表 1.1 5 种国产电力机车机械部分的主要技术参数

| 项 目          | 车 型                                |                                |                                    |                                    |                                |     |
|--------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----|
|              | SS <sub>4</sub>                    | SS <sub>8</sub>                | HXD <sub>1</sub>                   | HXD <sub>2</sub>                   | HXD <sub>3</sub>               |     |
| 制造年代         | 1993                               | 1997                           | 2007                               | 2007                               | 2007                           |     |
| 轴列式          | 2(B <sub>0</sub> -B <sub>0</sub> ) | B <sub>0</sub> -B <sub>0</sub> | 2(B <sub>0</sub> -B <sub>0</sub> ) | 2(B <sub>0</sub> -B <sub>0</sub> ) | C <sub>0</sub> -C <sub>0</sub> |     |
| 机车总质量/kN     | 1 840                              | 880                            | 1 840                              | 1 840                              | 1 380                          |     |
| 轴重/kN        | 230                                | 220                            | 230                                | 230                                | 230                            |     |
| 转向架质量/t      | 21.2                               | 13.0                           | 20.06                              | 18 690                             | 30.193                         |     |
| 机车宽度/mm      | 3 100                              | 3 100                          | 3 094                              | 2 850                              | 3 100                          |     |
| 机车落弓高度/mm    | 4 778                              | 4 628                          | 5 200                              | 4 800                              | 4 770                          |     |
| 车钩中心线距/mm    | 2×16 416                           | 17 516                         | 35 222                             | 18 975                             | 20 846                         |     |
| 车钩中心线高度/mm   | 880±10                             | 880±10                         | 880±10                             | 880±10                             | 880±10                         |     |
| 固定轴距/mm      | 2 900                              | 2 900                          | 2 800                              | 2 600                              | 2 250 + 2 000                  |     |
| 轴距/mm        | 2 900                              | 2 900                          | 2 800                              | 2 600                              | 2 250 + 2 000                  |     |
| 转向架中心距/mm    | 8 200                              | 9 000                          | 8 900                              | 10 060                             | 20 846                         |     |
| 牵引点高度/mm     | 12                                 | 1 250                          | 240                                |                                    | 240                            |     |
| 车轮直径/mm      | 1 250                              | 1 250                          | 1 250                              | 1 250                              | 1 250                          |     |
| 机车功率（持续制）/kW | 6 400                              | 3 600                          | 9 600                              | 9 600                              | 7 200                          |     |
| 机车牵引力/kN     | 持续                                 | 120                            | 169                                | 494                                | 514                            | 370 |
|              | 起动                                 | 210                            | 286                                | ≥700                               | ≥700                           | 520 |

|                |    |     |     |     |     |     |
|----------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 机车速度<br>(km/h) | 持续 | 100 | 99  | 70  | 70  | 70  |
|                | 最大 | 170 | 170 | 120 | 120 | 120 |

续表

| 项 目          | 车 型                 |                        |                  |                  |                        |
|--------------|---------------------|------------------------|------------------|------------------|------------------------|
|              | SS <sub>4</sub>     | SS <sub>8</sub>        | HXD <sub>1</sub> | HXD <sub>2</sub> | HXD <sub>3</sub>       |
| 传动方式         | 双侧刚性斜<br>齿轮传动       | 单边直齿六<br>连杆空心轴<br>弹性传动 | 单边斜齿<br>传动       | 单边直齿<br>传动       | 单边直齿六<br>连杆空心轴<br>弹性传动 |
| 牵引电机悬挂方式     | 抱轴式<br>半悬挂          | 全悬挂                    | 抱轴式<br>半悬挂       | 抱轴式<br>半悬挂       | 抱轴式<br>半悬挂             |
| 齿轮传动比        | 4.19                | 2.484                  | 106/17           | 120/23           | 4.81                   |
| 一系弹簧悬挂静挠度/mm | 139                 | 54                     | 38               |                  | 43.5 + 5.6             |
| 二系弹簧悬挂静挠度/mm | 6                   | 110                    | 103              |                  | 90.3 + 1.43            |
| 牵引方式         | 中间斜拉杆<br>推挽式        | 中间推挽式<br>牵引拉杆          | 中间斜拉杆<br>推挽式     | 单根低位推<br>挽牵引杆    | 中间推挽式<br>牵引拉杆          |
| 基础制动装置       | 独立作用式<br>闸瓦间隙<br>自调 | 独立作用式<br>闸，瓦间隙<br>自调   | 轮盘制动单<br>元(带蓄能)  | 踏面制动器<br>(停放制动)  | 轮装式盘型<br>制动            |

## 五、我国电力机车的发展史和展望

从 1958 年研制成第一台国产单相工频电力机车至今,我国电力机车走过了 60 多年的历程。

60 年来,我国电力机车走的是一条自力更生、艰苦奋斗,引进、消化、创新的发展之路,实现了从仿制到自主研制再到整车出口,从普通载重到重载,从常速到高速,从交直传动到交流传动的历史性飞跃。

60 多年艰难曲折的历程体现了我国铁路工作者自强不息的奋斗精神,特别是进入 20 世纪 80 年代后,随着国家改革开放和经济的快速发展,电力机车也获得了长足发展,以 SS<sub>1</sub> 型、SS<sub>3</sub> 型机车为基础,先后研制成功了 SS<sub>4</sub> 型、SS<sub>7</sub> 型、SS<sub>8</sub> 型和 SS<sub>9</sub> 型等系列机车。其中以 SS<sub>4</sub> 型重载和 SS<sub>8</sub> 型、SS<sub>9</sub> 型客运为代表的电力机车技术,已完成了从级间调速到相控无级调速的技术升级换代,全面采用微机控制和故障检测、诊断技术,使我国交直流电力机车达到国际同类产品的先进水平。进入 20 世纪 90 年代后期,电力机车最高运行速度实现了由 100 km/h 到 160 km/h 准高速的飞跃。1999 年,我国首次设计速度为 200 km/h 的高速动车诞生并投入广深高速铁路

运营，标志着我国铁路电力牵引技术开始步入了国际高速行列。

和谐型大功率交流传动机车项目从 2004 年开始启动，2006 年通过试验，2007 年实现了大批量生产并投入运用，标志着我国铁路机车行业成功实现了由直流传动向交流传动的转化，机车装备现代化和机车装备制造业现代化发展迈入了新的历史阶段。

和谐型大功率交流传动机车具有牵引性能优越、功率大、黏着利用率高、启动加速性能好、可靠性高、节能减排好等特点，代表了世界先进铁路机车技术的发展方向。

和谐型大功率交流传动机车主要包括：

株洲电力机车有限公司生产的 HXD<sub>1</sub>、HXD<sub>1B</sub>、HXD<sub>1C</sub>、HXD<sub>1D</sub> 型电力机车；

大同电力机车有限责任公司生产的 HXD<sub>2</sub>、HXD<sub>2B</sub>、HXD<sub>2C</sub> 型电力机车；

大连机车车辆有限公司和北京二七轨道交通装备有限责任公司生产的 HXD<sub>3</sub> 型电力机车；

大连机车车辆有限公司生产的 HXD<sub>3B</sub>、HXD<sub>3C</sub>、HXD<sub>3D</sub>、HXD<sub>3E</sub> 型电力机车和 HXN<sub>3</sub> 型内燃机车；

戚墅堰机车有限公司生产的 HXN<sub>5</sub> 型内燃机车。

其中 HXD<sub>3</sub> 型电力机车已在武汉、上海、济南、北京等铁路局替代了 SS<sub>4</sub> 和 SS<sub>3</sub> 型电力机车，担当主要牵引任务。HXD<sub>3</sub> 型电力机车是目前世界上批量投入商业运行的 6 轴电力机车中功率最大的交流传动电力机车。机车单机功率 7 200 kW，牵引 5 000 t 列车运行最高速度为 132 km/h。

我们坚信电力机车的发展将会迎来前所未有的挑战和机遇。在满足国内市场的同时，我国电力机车的设计、制造企业面临与有各种精良技术和制造手段的国外著名公司的竞争，打造著名品牌，贴近国际前沿技术，赢得用户，占领市场，已成为我国电力机车生存发展的必然选择，发扬精益求精的大国工匠精神，为我国铁路干线运输和城市轨道交通发展做出新贡献。

## 复习思考题

1. 简述电力机车在现代轨道交通运输中的地位。
2. 电力机车机械部分组成及其各部分的功能。
3. 轴列式的含义是什么？如何用轴列式来表示机车走行部的结构特点？
4. 现有国产电力机车车型有哪些？